

PENGARUH FORTIFIKASI Fe TERHADAP KADAR Fe, KETENGIKAN DAN ORGANOLEPTIK YOGURT SINBIOTIK JELLY DRINK YANG DIFORTIFIKASI ZINC

Normasari Yustitie, Ninik Rustanti^{*)}

Program Studi Ilmu Gizi Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro
Jln. Prof. H. Soedarto, SH., Semarang, Telp (024) 8453708, Email : gizifk@undip.ac.id

ABSTRACT

Background : Synbiotic yoghurt is a good medium for iron fortification because it has protective effect from pathogenic bacterium on the intestines. Additional zinc is useful to prevent fat oxidation caused by iron which can lead to rancidity.

Objective : To analyze effect of iron fortification on iron content, rancidity in 0 and 7th day of storage, also on organoleptic in synbiotic yoghurt jelly drink which fortified with zinc.

Methods : A one-factor complete randomized design of synbiotic yoghurt jelly drink which fortified with FeSO₄, NaFeEDTA and ferrous bisglycinate respectively of 30 ppm. Each group fortified with 15 ppm zinc acetate. Measurement of iron content used atomic absorption spectrophotometry (AAS), rancidity on 0 and 7th day used thiobarbituric acid assays (TBA) and organoleptic test used hedonic scale.

Results : Iron fortification able to increased the iron content and TBA on 0 and 7th day ($p=0.000$). The highest iron content was FeSO₄ fortification (1.63 mg/100ml). The highest TBA on 0 day was FeSO₄ (0.676) and the 7th day was FeSO₄ (0.597). Iron fortification did not affect the change of TBA on 0 day to 7th day ($p>0.05$). Various iron fortification did not affect the value of aroma, texture, color and taste synbiotic yoghurt jelly drink which fortified with iron.

Conclusion : Iron fortification that recommended for synbiotic yoghurt jelly drink is ferrous bisglycinate because it has higher iron content and it does not affect the organoleptic characteristic.

Keywords : synbiotic yoghurt, anemia, fortification, iron content, zinc, TBA

ABSTRAK

Latar Belakang : Yogurt sinbiotik menjadi media fortifikasi besi yang tepat karena memiliki efek protektif dari bakteri patogen di usus. Penambahan zinc pada yogurt bermanfaat melindungi oksidasi lemak oleh besi yang dapat menimbulkan ketengikan produk.

Tujuan : Menganalisis pengaruh fortifikasi besi terhadap kandungan besi, ketengikan pada hari ke-0 dan ke-7 penyimpanan serta organoleptik pada yogurt sinbiotik jelly drink difortifikasi zinc.

Metode : Penelitian RAL satu faktor yaitu yogurt sinbiotik jelly drink yang difortifikasi FeSO₄, NaFeEDTA dan ferrous bisglycinate sebanyak masing-masing 30 ppm. Setiap kelompok perlakuan difortifikasi 15 ppm zinc acetate. Pengukuran kandungan besi dengan atomic absorption spectrophotometry (AAS), ketengikan pada hari ke-0 dan ke-7 dengan nilai thiobarbituric acid (TBA) dan uji organoleptik dengan skala hedonik.

Hasil : Fortifikasi besi dapat meningkatkan kadar Fe dan TBA hari ke-0 dan ke-7 ($p=0.000$). Kadar Fe tertinggi pada fortifikasi FeSO₄ (1.63 mg/100ml). TBA pada hari ke-0 tertinggi yaitu fortifikasi FeSO₄ (0.676) dan pada hari ke-7 tertinggi yaitu fortifikasi FeSO₄ (0.597). Fortifikasi besi tidak berpengaruh terhadap perubahan TBA pada hari ke-0 ke hari ke-7 ($p>0.05$). Berbagai jenis fortifikasi Fe tidak berpengaruh terhadap nilai aroma, tekstur, warna dan rasa yogurt sinbiotik jelly drink yang difortifikasi besi.

Simpulan : Jenis fortifikasi besi yang direkomendasikan untuk yogurt sinbiotik jelly drink adalah ferrous bisglycinate karena mempunyai kandungan besi yang lebih tinggi dan tidak mempengaruhi karakteristik organoleptik.

Kata kunci : yogurt sinbiotik, anemia, fortifikasi, kadar besi, zinc, TBA

PENDAHULUAN

Defisiensi besi merupakan penyebab utama terjadinya anemia, sekitar 2 miliar orang di dunia menderita anemia dan 75-80% anemia tersebut diakibatkan karena defisiensi besi.¹ Salah satu alternatif mencegah atau mengatasi defisiensi besi adalah fortifikasi besi. Fortifikasi ganda besi dan zinc dinilai lebih efektif sebagai upaya dalam mengatasi anemia. Besi atau Fe berperan dalam pembentukan hemoglobin dengan membentuk hem yang mampu mengikat dan mengangkut oksigen ke

seluruh jaringan tubuh.² Zinc berfungsi sebagai katalis enzim ALA dehidratase dalam proses pembentukan hemoglobin.³ Selain itu, penambahan zinc dalam fortifikasi besi bermanfaat menghambat oksidasi lemak oleh besi sehingga dapat mengurangi ketengikan produk.⁴

Jenis besi yang umum digunakan sebagai fortifikasi adalah FeSO₄, namun penambahan garam FeSO₄ sangat berpengaruh terhadap sifat organoleptik pangan difortifikasi Fe. Fortifikasi FeSO₄ pada susu menimbulkan rasa berkarat /

^{*)} Penulis Penanggungjawab

logam pada produk dan menimbulkan bau tengik pada yogurt sinbiotik yang difortifikasi besi sebesar 55 mg/L.^{5,6} Jenis fortifikan garam besi lain yang dapat mengurangi oksidasi oleh logam besi dan bioavailabilitas yang lebih baik pada fortifikasi susu yaitu garam besi dengan *chelate* seperti NaFeEDTA dan *Ferrous bisglycinate*.⁷ Dosis fortifikan besi sebesar 25 mg/L susu merupakan dosis optimal pada fortifikasi Fe yang tidak menyebabkan perubahan rasa dan aroma.⁸ Jenis *zinc* yang digunakan adalah *zinc acetate* karena bersifat larut air dan tidak menyebabkan perubahan sifat organoleptik produk.⁹ Multifortifikasi besi dan *zinc* berisiko menimbulkan efek antagonis dalam fortifikasi multimineral, namun penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa besi dan *zinc* bila diberikan bersama-sama dapat diserap dengan baik dan memberikan efek absorpsi yang paling optimal jika diberikan dengan perbandingan tidak lebih dari 2 : 1.¹⁰

Yogurt sinbiotik merupakan strategi efektif untuk dijadikan sebagai media fortifikasi besi karena probiotik di dalam yogurt memiliki efek protektif pada usus dengan menghambat peningkatan kolonisasi bakteri patogen yang timbul sebagai efek negatif konsumsi pangan tinggi besi.¹¹ Penambahan prebiotik berfungsi meningkatkan ketahanan dan aktivitas probiotik dalam usus, salah satunya adalah inulin. Karakteristik rasa manis pada inulin yang ditambahkan sebagai prebiotik juga diharapkan dapat meningkatkan kualitas rasa pada yogurt yang dihasilkan.¹² Yogurt akan diolah menjadi yogurt *jelly drink* untuk meningkatkan penerimaan produk. Penambahan gelatin berfungsi membentuk struktur *jelly* dan mengurangi sineresis air sehingga diharapkan menjadikan produk lebih tahan lama, selain itu gelatin mengandung tinggi protein prolin (*Proline-Rich Protein*) yang mampu mengikat agen inhibitor absorpsi besi.¹³

Masalah yang timbul pada fortifikasi besi adalah adanya perubahan karakteristik sensori dan fisik produk pangan pembawa yang dapat mempengaruhi penerimaan produk.⁴ Essens ditambahkan untuk memperbaiki flavor negatif dari fortifikasi besi dengan meningkatkan cita rasa dan aroma produk. Penelitian sebelumnya, fortifikasi besi pada yogurt menimbulkan perubahan organoleptik yaitu *aftertaste* berkarat dan aroma tengik yang kurang disukai namun tidak berpengaruh pada perubahan tekstur dan warna yogurt.¹⁴ Fortifikasi besi yang tidak dienkapsulasi lebih rentan oksidasi lemak sehingga dapat meningkatkan nilai pemeriksaan TBA (*thiobarbituric acid*) yang merupakan indikator tidak langsung dari kualitas sensori ketengikan.¹⁵

Fortifikasi mineral dengan berbagai jenis fortifikan Fe pada yogurt sinbiotik *jelly drink* yang difortifikasi *zinc* dapat memberikan efek berbeda terhadap kadar Fe, ketengikan serta aroma, warna, tekstur dan rasa sehingga perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui pengaruh berbagai fortifikan Fe terhadap kadar Fe, ketengikan dan organoleptik yogurt sinbiotik *jelly drink* yang difortifikasi *zinc*.

METODE

Penelitian yang dilakukan termasuk dalam bidang *food production*. Penelitian dilaksanakan pada bulan Mei sampai Juli di Laboratorium Kimia Universitas Diponegoro, Laboratorium Pangan dan Gizi PAU Universitas Gadjah Mada serta di Program Studi Ilmu Gizi Universitas Diponegoro Semarang.

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan rancangan acak lengkap satu faktor yaitu fortifikasi FeSO₄, NaFeEDTA, *Ferrous bisglycinate* sebanyak masing-masing 30 ppm dan satu kelompok kontrol tanpa fortifikasi Fe sehingga terdapat 4 kelompok perlakuan. Setiap kelompok tersebut difortifikasi *zinc acetate* sebesar 15 ppm. Tiap kelompok perlakuan pada penelitian ini dilakukan 3 kali pengulangan sehingga diperoleh 12 satuan percobaan dan dilakukan analisis meliputi analisis kadar Fe, ketengikan dan uji organoleptik. Uji ketengikan merupakan penelitian dengan *pre-post design* meliputi 2 kali pengujian sampel yaitu pada hari ke-0 dan pada hari ke-7 setelah penyimpanan pada suhu 4°C.

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan yogurt sinbiotik *jelly drink* yaitu susu sapi yang didapatkan dari peternak sapi perah Sido Makmur di Ngablak Gunung Pati Semarang, gula pasir, kultur starter *L. bulgarius*, *S. thermophilus* dan *L. acidophillus* didapatkan dari toko minuman kesehatan Raja Yogurt Cimahi, inulin didapatkan dari PT DPO Indonesia, FeSO₄ (30% kandungan Fe), NaFeEDTA (13,4% kandungan Fe), *Ferrous bisglycinate* (20,9% kandungan Fe) dan *zinc acetate* didapatkan dari toko bahan kimia Nanjing Yeshun Industry & International trading Co., Ltd., China, essens stroberi dari toko bahan kue di Semarang, dan gelatin sapi Gelita dari PT Bratacho Jakarta.

Pada penelitian utama dilakukan pembuatan yoghurt sinbiotik menggunakan susu sapi segar, kultur, inulin, gula pasir dan fortifikan Fe (FeSO₄, NaFeEDTA dan *Ferrous bisglycinate*). Kultur starter *L. bulgarius*, *S. thermophilus* dan *L. acidophillus* dilarutkan menggunakan 150 ml air kemudian diinkubasi selama 11 jam dengan suhu 43°C. Susu sapi ditambahkan 5% inulin dan 5% gula pasir kemudian dihomogenisasi hingga suhu

65°C, kemudian ditambahkan fortifikan Fe (FeSO_4 , NaFeEDTA dan *Ferrous bisglycinate*) dan *zinc acetate* sesuai dengan perlakuan kemudian dipasteurisasi hingga suhu 85-90°C (dengan api kecil selama 5 menit untuk setiap 200 ml susu) kemudian didinginkan hingga suhu 45°C. Susu sapi ditambahkan starter *L. bulgarius*, *S. thermophilus* dan *L. acidophilus* sebanyak 3% kemudian diinkubasi selama 8-12 jam pada suhu 37-42°C. Yogurt yang sudah jadi selanjutnya diolah menjadi *jelly drink* dengan penambahan gelatin 1% dan ditambahkan essens stroberi 0.5%.

Kandungan besi diuji menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*) dilakukan pada hari penyimpanan ke-0 dengan panjang gelombang 248.2 nm, ketengikan dengan TBA (*Thiobarbituric Acid*) dilakukan 2 kali, yaitu pada hari penyimpanan ke-0 dan hari penyimpanan ke-7 pada panjang gelombang 528 nm, serta uji organoleptik dengan panelis agak terlatih sebanyak 25 orang dari mahasiswa Ilmu Gizi Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro dengan

kategori tingkat kesukaan (1) tidak suka, (2) agak tidak suka, (3) netral, (4) agak suka dan (5) suka.

Pengolahan data menggunakan *SPSS 16 for Windows*. Pengaruh fortifikasi FeSO_4 , NaFeEDTA dan *Ferrous bisglycinate* terhadap kadar Fe yogurt sinbiotik *jelly drink* diuji menggunakan uji *One Way Anova* dilanjutkan dengan uji *Tukey HSD*, analisis ketengikan dilakukan dengan uji *paired t - test* dan uji *One Way Anova* untuk mengetahui perbedaan pengaruh 4 kelompok, serta organoleptik diuji menggunakan uji *Friedman*.

HASIL

Kadar Fe Yogurt sinbiotik *jelly drink* yang difortifikasi besi dan *zinc*

Fortifikasi besi meningkatkan kandungan Fe secara signifikan ($p < 0.05$) dibandingkan kontrol. Hasil penelitian menunjukkan kelompok FeSO_4 memiliki kandungan Fe paling tinggi (1.63 mg/100ml) diantara kelompok perlakuan fortifikasi besi (Tabel 1).

Tabel 1. Hasil uji kandungan Fe

Kelompok	n	Kandungan Fe (mg/100ml) ¹
Kontrol	3	0.64±0.63 ^d
Perlakuan FeSO_4	3	1.63±0.52 ^a
Perlakuan NaFeEDTA	3	1.06±0.15 ^c
Perlakuan <i>Ferrous bisglycinate</i>	3	1.27±0.38 ^b
		p = 0.000

^{abcd} menunjukkan perbedaan rerata bermakna ($p < 0.05$) setelah diuji menggunakan uji *post-hoc Tukey*

1: Uji *One Way ANOVA*

Nilai TBA hari ke-0 Yogurt sinbiotik *jelly drink* yang difortifikasi besi dan *zinc*

Pada TBA hari ke-0 semua kelompok perlakuan memiliki nilai TBA lebih tinggi dibandingkan kontrol ($p < 0.05$) dengan nilai tertinggi pada kelompok FeSO_4 (0.676). Terdapat perbedaan TBA hari ke-0 pada kelompok kontrol dengan kelompok FeSO_4 , kelompok kontrol dengan kelompok NaFeEDTA dan kelompok kontrol dengan kelompok *Ferrous bisglycinate* (Tabel 2).

Nilai TBA 7 hari Yogurt sinbiotik *jelly drink* yang difortifikasi besi dan *zinc*

Pada TBA hari ke-7 semua kelompok perlakuan memiliki nilai TBA lebih tinggi dibandingkan kontrol ($p < 0.05$) dengan nilai tertinggi pada kelompok FeSO_4 (0.597). Tidak terdapat perbedaan TBA hari ke-7 pada yogurt sinbiotik *jelly drink* yang difortifikasi Fe (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil uji nilai TBA

Perlakuan	TBA Hari Ke-0	TBA Hari Ke-7	p^1	Penurunan	%penurunan	p^2
Kontrol	0.325±0.025 ^c	0.286±0.023 ^b	0.291	0.039±0.047	12±14.3	0.705
FeSO_4	0.676±0.083 ^a	0.597±0.031 ^a	0.278	0.079±0.112	11.6±14.0	
NaFeEDTA	0.543±0.051 ^b	0.507±0.081 ^a	0.166	0.036±0.029	6.6±6.4	
<i>Ferrous bisglycinate</i>	0.606±0.047 ^{ab}	0.541±0.048 ^a	0.200	0.064±0.059	10.7±9.0	
		p = 0.000	p = 0.000			

^{abcd} menunjukkan perbedaan rerata setelah diuji menggunakan uji *post-hoc Duncan*

1: uji *paired t test*

2: uji *One Way Anova*

Perubahan TBA hari ke-0 ke hari ke-7 yogurt sinbiotik *jelly drink*

Berdasarkan analisis *paired t-test*, fortifikasi besi tidak mempengaruhi ketengikan dibuktikan dengan nilai TBA yang tidak berbeda pada hari ke-0 ke hari ke-7 ($p > 0.05$). Penurunan TBA pada masing-masing kelompok perlakuan tidak berbeda nyata dengan nilai signifikansi 0.705 (Tabel 2).

Organoleptik yogurt sinbiotik *jelly drink* yang difortifikasi besi dan zinc

Fortifikasi dengan FeSO_4 , NaFeEDTA dan *Ferrous bisglycinate* pada yogurt sinbiotik *jelly drink* yang ditambahkan *zinc acetate* tidak berpengaruh terhadap warna ($p = 0.080$), tekstur ($p = 0.421$), aroma ($p = 0.930$) dan rasa ($p = 0.297$).

Tabel 3. Analisis organoleptik yogurt sinbiotik *jelly drink*

Perlakuan	Warna		Tekstur		Aroma		Rasa	
	Rerata	Ket	Rerata	Ket	Rerata	Ket	Rerata	Ket
Kontrol	3.88 <u>±</u> 1.13	Agak suka	3.46 <u>±</u> 1.35	Netral	3.32 <u>±</u> 0.94	Netral	3.20 <u>±</u> 1.08	Netral
Perlakuan FeSO ₄	3.28 <u>±</u> 1.24	Netral	3.16 <u>±</u> 0.94	Netral	3.16 <u>±</u> 1.06	Netral	2.40 <u>±</u> 1.19	Agak tidak suka
Perlakuan NaFeEDTA	3.88 <u>±</u> 1.05	Agak suka	3.20 <u>±</u> 0.96	Netral	3.16 <u>±</u> 0.94	Netral	2.80 <u>±</u> 1.50	Netral
Perlakuan <i>Ferrous bisglycinate</i>	4.12 <u>±</u> 1.20	Agak suka	3.24 <u>±</u> 1.42	Netral	3.44 <u>±</u> 1.16	Netral	2.84 <u>±</u> 1.20	Netral
p = 0.080		p = 0.421		p = 0.930		p = 0.297		

PEMBAHASAN

Kandungan Fe

Adanya peningkatan kandungan Fe pada kelompok perlakuan fortifikasi besi dibandingkan dengan kontrol menunjukkan bahwa fortifikasi Fe pada ketiga kelompok (FeSO_4 , NaFeEDTA dan *Ferrous bisglycinate*) pada yogurt sinbiotik *jelly drink* mampu meningkatkan kandungan Fe secara signifikan.

Kelompok perlakuan Fe dengan peningkatan paling tinggi adalah kelompok FeSO_4 dengan peningkatan Fe sebesar 0.99 mg/100 ml, diikuti *Ferrous bisglycinate* dengan peningkatan sebesar 0.63 mg/100ml dan paling rendah adalah NaFeEDTA sebesar 0.42 mg/100 ml. Perbedaan kadar Fe dalam kelompok perlakuan disebabkan oleh adanya perbedaan kandungan besi dalam setiap fortifikan Fe. Kandungan Fe dalam setiap fortifikan diketahui tertinggi pada FeSO_4 yaitu berkisar 30%, sedangkan Fe pada *Ferrous bisglycinate* berkisar 20,9% dan Fe paling rendah pada NaFeEDTA yaitu berkisar 13,4%. Pemanasan pada proses pembuatan yogurt sinbiotik *jelly drink* tidak mempengaruhi Fe karena pasteurisasi susu berlangsung dalam waktu singkat dengan suhu dibawah 90°C sehingga pemanasan tersebut kurang mempengaruhi kadar besi.¹⁶

Perkiraan kebutuhan rata-rata besi yaitu 3,9 mg/hari untuk kelompok usia 1-3 tahun, 4,2 mg/hari untuk kelompok usia 4-6 tahun dan 19,6 mg/hari untuk wanita kelompok usia 19-50 tahun.⁷ Pada

setiap takaran saji yogurt sinbiotik *jelly drink* yang difortifikasi *zinc* dan *Ferrous bisglycinate* (200 ml) mengandung besi sebesar 2,54 mg sehingga dapat mencukupi kebutuhan rata-rata besi wanita kelompok usia 19-50 tahun sebesar 12,95%. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pemberian *whey drink* yang difortifikasi 12 mg *Ferrous bisglycinate* mampu menurunkan prevalensi anemia pada anak-anak dan remaja di Brazil sebesar 15,50% dalam jangka waktu intervensi selama 6 bulan.¹⁷

Nilai TBA pada Yogurt sinbiotik *jelly drink* pada hari 0 dan 7 penyimpanan

Besi menginisiasi terbentuknya produk peroksidasi asam lemak tak jenuh ganda (PUFA) yakni malondialdehid (MDA)($\text{CHO}-\text{CH}_2\text{CHO}$). Malondialdehid (MDA) merupakan senyawa volatil hasil degradasi asam lemak tidak jenuh yang dikaitkan dengan timbulnya efek sensori berupa rasa tengik makanan pada tingkat MDA yang tinggi dan dapat diuji menggunakan penentuan nilai TBA. Semakin tinggi nilai TBA semakin tengik suatu produk.⁸ Pada yogurt sinbiotik *jelly drink* pada hari 0 dan 7 penyimpanan diketahui telah terbentuk MDA dibuktikan dengan nilai TBA pada masing-masing kelompok perlakuan, namun masih termasuk kategori makanan aman dikonsumsi dengan nilai TBA kurang dari 3 mg MDA/kg sampel.¹⁸

Pada produk susu terdapat ion O_2 yang bertindak sebagai prooksidan dan akan menginisiasi

peroksidasi asam lemak. Besi juga merupakan pro-oksidasi lemak pada lemak. Besi bertindak sebagai prooksidan yang memicu autooksidasi asam lemak tidak jenuh ketika terdapat hidroperoksida, radikal hasil dari oksidasi hidroperoksida tersebut akan mempercepat peroksidasi lemak pada susu.¹⁵ Hasil uji menunjukkan pada hari ke-0 dan hari ke-7 terdapat perbedaan TBA yogurt sinbiotik *jelly drink* antara kelompok perlakuan dengan kelompok kontrol karena adanya fortifikasi Fe. Semakin besar kandungan Fe semakin mempercepat oksidasi lemak sehingga nilai TBA akan semakin tinggi.¹⁹

TBA yogurt sinbiotik *jelly drink* pada hari ke-0 paling tinggi pada yogurt difortifikasi FeSO₄ karena FeSO₄ merupakan *free iron* yang tidak terlindungi *chelate* sehingga bersifat mudah mengkatalis oksidasi lemak dan menimbulkan ketengikan dibandingkan fortifikasi besi dilindungi *chelate*. Penelitian sebelumnya yaitu fortifikasi NaFeEDTA, *Ferrous bisglycinate* dan FeSO₄ pada emulsi lemak yang distabilisasi protein menunjukkan bahwa oksidasi lemak terjadi lebih tinggi pada fortifikasi FeSO₄.²⁰ Pada hari ke-7 yogurt sinbiotik *jelly drink* tidak terdapat perbedaan nyata diantara kelompok fortifikasi Fe. Hal ini dapat terjadi karena belum cukupnya waktu untuk semua logam besi memicu autooksidasi asam lemak tidak jenuh sehingga tidak menimbulkan perbedaan bermakna diantara kelompok perlakuan Fe.¹⁹

Perubahan nilai TBA Yogurt sinbiotik *jelly drink* pada 7 hari penyimpanan

Fortifikasi besi tidak mempengaruhi ketengikan yogurt sinbiotik *jelly drink* disebabkan oleh adanya karakteristik Fe yang mempengaruhi oksidasi lemak atau adanya pengaruh dari *zinc* yang mampu mencegah ketengikan selama waktu penyimpanan.⁴ Jenis garam besi seperti NaFeEDTA dan *Ferrous bisglycinate* dilindungi *chelate* yang bersifat mengikat besi untuk mencegah besi mengkatalis peroksidasi lemak dan menghasilkan radikal hidroksil bebas, dimana radikal bebas tersebut menyebabkan timbulnya ketengikan ditandai dengan rasa dan aroma tidak enak.²⁰ Fortifikasi FeSO₄ tidak berpengaruh terhadap perubahan TBA yogurt selama penyimpanan dapat dikarenakan adanya ikatan besi-kasein kompleks menginduksi oksidasi besi dari fero menjadi feri, besi yang terikat dengan protein susu dapat menurunkan kemampuan besi untuk mengkatalis peroksidasi lemak dan formasi radikal hidroksil sehingga menghambat terbentuknya ketengikan.¹⁹

Penambahan *zinc* dapat mengurangi ketengikan produk yang dihasilkan dengan menghambat timbulnya peroksidasi lemak bebas. *Zinc* berperan sebagai *strong free radical inhibitor*

atau agen pencegah radikal bebas hasil autooksidasi lemak dengan cara menekan hasil reaksi oksidasi pada sistem autooksidasi lemak.⁴ Kemampuan *zinc* dalam menghambat oksidasi memberikan keuntungan pada produk fortifikasi besi yang mudah mengalami oksidasi lemak dan menimbulkan ketengikan pada produk

Penurunan TBA pada masing-masing kelompok perlakuan tidak berbeda nyata dapat terjadi karena belum cukupnya waktu bagi netralisasi efek oksidasi lemak oleh pengaruh besi. Penelitian sebelumnya, fortifikasi FeSO₄ dalam keju menurunkan nilai TBA setelah masa penyimpanan 30 hari kemudian meningkat lagi pada akhir hari penyimpanan (60 hari) dibandingkan dengan kelompok keju kontrol.¹⁹ Hal ini menunjukkan bahwa efek oksidasi oleh besi dinetralisasi selama satu bulan pertama penyimpanan, kemudian efek tersebut menghilang karena adanya degradasi.

Organoleptik

Warna

Fortifikasi dengan FeSO₄, NaFeEDTA dan *Ferrous bisglycinate* pada yogurt sinbiotik *jelly drink* yang ditambahkan *zinc acetate* tidak berpengaruh terhadap warna yogurt ($p=0.080$). Hasil uji menunjukkan tidak terdapat perbedaan warna antara kelompok kontrol dan perlakuan. *Chelate* dapat menghambat oksidasi besi yang menimbulkan terjadinya perubahan warna pada produk pangan difortifikasi Fe menjadi kekuningan, kehijauan atau kehitaman.¹⁵ Penelitian sebelumnya, fortifikasi 100 ppm NaFeEDTA dengan 50 ppm *zinc acetate* tidak berpengaruh terhadap warna dan viskositas susu fermentasi.²¹

Tekstur

Hasil analisis menunjukkan fortifikasi dengan FeSO₄, NaFeEDTA dan *Ferrous bisglycinate* pada yogurt sinbiotik *jelly drink* yang ditambahkan *zinc acetate* tidak berpengaruh terhadap tekstur yogurt ($p=0.421$). Terbentuknya tekstur yogurt yang tidak berbeda diantara kelompok perlakuan dikarenakan adanya penambahan gelatin yang membentuk struktur gel atau *jelly* pada semua kelompok perlakuan untuk menghasilkan produk yogurt sinbiotik *jelly drink*.

Aroma

Fortifikasi dengan FeSO₄, NaFeEDTA dan *Ferrous bisglycinate* pada yogurt sinbiotik *jelly drink* yang ditambahkan *zinc acetate* tidak berpengaruh terhadap aroma yogurt ($p=0.930$) dikarenakan penggunaan dosis fortifikasi Fe yang tidak mempengaruhi perubahan aroma pangan difortifikasi Fe. Penggunaan dosis fortifikasi Fe lebih dari 30 mg/L susu menimbulkan aroma logam yang kurang disukai. Penelitian sebelumnya dengan

penggunaan dosis fortifikan lebih tinggi yaitu fortifikasi 55 mg/L FeSO_4 pada yogurt sinbiotik susu kambing menimbulkan aroma berkarat dan bau tengik.^{5,6}

Rasa

Uji organoleptik yogurt sinbiotik *jelly drink* pada parameter rasa menunjukkan fortifikasi FeSO_4 , NaFeEDTA dan *Ferrous bisglycinate* pada yogurt sinbiotik *jelly drink* yang ditambahkan *zinc acetate* tidak berpengaruh terhadap rasa yogurt ($p=0.297$). Perbedaan tidak signifikan terhadap rasa yogurt sinbiotik *jelly drink* difortifikasi Fe dapat dipengaruhi oleh penggunaan dosis fortifikan Fe. Dosis fortifikan Fe berkisar 25 mg/L susu merupakan dosis optimal pada fortifikasi yang tidak menyebabkan perubahan rasa dan aroma pangan difortifikasi Fe.⁸ Besi bersifat mengkatalis oksidasi lemak yang menghasilkan ketengikan yang ditandai dengan adanya aroma dan rasa tidak enak. Semakin tinggi kandungan besi maka akan semakin menyebabkan timbulnya rasa pahit atau aroma berkarat seperti logam.¹⁹ Penelitian sebelumnya pada penambahan jumlah fortifikan lebih tinggi yaitu fortifikasi 50 ppm NaFeEDTA pada susu asam sinbiotik memberikan rasa sangat asam hingga meninggalkan rasa (*aftertaste*) sepat.²²

SIMPULAN

Fortifikasi FeSO_4 , NaFeEDTA dan *Ferrous bisglycinate* meningkatkan kadar Fe yogurt sinbiotik *jelly drink* dengan kadar Fe tertinggi pada yogurt difortifikasi FeSO_4 . Fortifikasi FeSO_4 meningkatkan nilai TBA yogurt sinbiotik *jelly drink* yang paling tinggi pada hari ke-0 dan pada hari ke-7. Fortifikasi besi tidak mempengaruhi ketengikan yogurt sinbiotik *jelly drink* dibuktikan dengan nilai TBA yang tidak berbeda pada hari ke-0 ke hari ke-7.

Pada mutu organoleptik produk, fortifikasi besi juga tidak berpengaruh terhadap nilai aroma, tekstur, warna, dan rasa yogurt sinbiotik *jelly drink* yang difortifikasi *zinc*. Jenis fortifikan Fe yang direkomendasikan adalah *Ferrous bisglycinate* karena mempunyai kandungan Fe yang lebih tinggi dengan tidak mempengaruhi karakteristik organoleptik produk.

SARAN

Sebelum dilakukan penelitian, sebaiknya perlu dilakukan penentuan kandungan besi dan zinc pada fortifikan. Selain itu, perlu dilakukan pengujian bioavailabilitas berbagai fortifikan Fe pada yogurt sinbiotik *jelly drink* dan dilakukan uji lebih lanjut untuk mengetahui efektivitas fortifikasi

besi pada yogurt sinbiotik *jelly drink* terhadap status besi dan *zinc* dalam darah pada hewan coba.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Ninik Rustanti S.TP., M.Si selaku pembimbing penelitian dan para reviewer yaitu Dr. Diana Nur Afifah, S.TP., M.Si dan Binar Panunggal S.Gz., MPH yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun dalam pembuatan karya tulis ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada keluarga, teman-teman, sahabat dan semua pihak yang telah membantu dan memberi dukungan dalam penyusunan karya tulis ilmiah ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. de Benoist B, Mclean E, Egli I, Cogswell M. Worldwide Prevalence of Anemia 1993-2005 WHO Global Database on Anemia. Geneva Switzerland: WHO (World Health Organization) Library Cataloguing in Publication Data. 2008.
2. Gropper SS, Smith JL, Groff JL. Advanced Nutrition and Human Metabolism. 5th ed. Belmont, CA: Wadsworth Cengage Learning. 2009.
3. Sediaoetama AD. Ilmu Gizi Jilid I. Jakarta: Dian Rakyat. 2008.
4. Kahraman O. Effect of Milk Fortification With Zinc on Lactic Acid Bacteria Activity and Cheese Quality. Polytechnic University of Marche. Ancona. Italy. 2011; 73:415-420.
5. Wong AS, Panunggal B. Pengaruh Fortifikasi FeSO_4 dan ZnCl_2 Terhadap Kandungan Besi, Zinc dan Ketengikan Yogurt Susu Kambing Sinbiotik. Journal of Nutrition College. 2014; 3(4):495-500.
6. Trianie FA, Rustanti N. Pengaruh Fortifikasi Besi dan Zinc Terhadap Total Bakteri Asam Laktat, pH, dan Organoleptik Yogurt Susu Kambing Sinbiotik. Journal of Nutrition College. 2014; 3(4):517-522.
7. Allen L, de Benoist B, Dary O, Hurrell R. Guidelines on Food Fortification With Micronutrients. Geneva: World Health Organization and Food and Agriculture Organization of The United Nations. 2006.
8. Sachdeva B, Kaushik R, Arora S, Indumathi Kp. Impact of Fortification With Iron Salts and Vitamin A on The Physicochemical Properties of Laboratory Pasteurised Toned Milk and Bioaccessibility of The Added Nutrient. International Journal of Dairy Technology, Society of Dairy Technology. 2015; 68(2):253-260.
9. Selet FL, El-Kholy IW, Samy N. Evaluation of Milk Drinks Fermented by Probiotic Bacteria and Fortified With Zinc Salts. J. Food Nutr. Sci. 2011; 61(1):55-60.
10. Pérès JM, Bureau F, Neuville D, Arhan P, Bouglé D. Inhibition of Zinc Absorption by Iron Depends on Their Ratio. Journal Trace Elements in Medicine and Biology. 2001; 15:237-241.

11. Naikare H, Palyada K, Panciera R, Marlow D, Stintzi A. Major Role of FeO in *Campylobacter* Jejuni Ferrous Iron Acquisition, Gut Colonization, and Intracellular Survival. *Infect Immune* 2006; 74:5733-5744.
 12. Oliveira RPS, Perego P, Oliveira MN, Coverti A. Effect of Inulin as Prebiotic and Synbiotic Interaction Between Probiotics to Improve Fermented Milk Firmness. *Journal of Food Engineering*. 2011; 107:36-40.
 13. Kim Hee-Seon, Miller DD. Proline-Rich Proteins Moderate in The Inhibitory Effect of Tea on Iron Absorption in Rats. *Nutrient Interactions and Toxicity. J. Nutr.* 2005; 135:532-537.
 14. Widayastuti K, Helmyati S. Perbedaan Fortifikasi Besi (FeSO_4 - NaFeEDTA) Terhadap Kadar Besi, pH dan Tingkat Kesukaan pada Susu Fermentasi Sinbiotik (L. Plantarum Dad. 13 - FOS) [Skripsi]. Yogyakarta: Program Studi Gizi Kesehatan Fakultas Kedokteran Universitas Gadjah Mada; 2013.
 15. Ghaureron F. Iron Fortification in Dairy Industry. *Trends in Food Science and Technology*. 2000; 11:403-09.
 16. Bressani R, Turcios JC, De Ruiz ASC, De Palomo PP. Effect of Processing Conditions on Phytic Acid, Calcium, Iron, and zinc Contents of Lime-Cooked Maize. *Food Chemistry. J.Agric.* 2004; 52:1157-1162.
 17. Miglioranza LHS, Matsuo T, Caballero-cordoba GM, Dichi JB, Cyrino ES, Oliveira IBN, Martins MS, Polezer NM, Dichi I. Effect of Long-term Fortification of Whey Drink With Ferrous Bysglycinate on Anemia Prevalence in Children and Adolescents From Deprived Areas in Londrina Parana Brazil. *Nutrition Journal*. 2003; 19:419-421.
 18. BSN. Penentuan Angka Asam Tiobarbiturat SNI 01- 2352- 1991. Jakarta: Badan Standarisasi Nasional. 1998.
 19. El-Din AMG, Hassan ASH, El-Behairy SA, Mohamed EA. Impact of Zinc and Iron Salts Fortification on Buffalo's Milk on The Dairy Product. *World Journal of Dairy & Food Sciences*. 2012; 1: 21-27.
 20. Guzun-Cojocar T, Koev C, Yordanov M, Karbowiak T, Cases E, Cayot P. Oxidative Stability of Oil-In-Water Emulsions Containing Iron Chelates: Transfer of Iron From Chelates to Milk Proteins at Interface. *Food Chemistry*. 2011; 125:326–333.
 21. Jibbriellia M, Cahyanto NM. Pengaruh Fortifikasi Ganda (Fe dan Zn) pada Minuman Susu Fermentasi Sinbiotik Terhadap Sifat Fisik, Sensoris dan Daya Terima Anak [Skripsi]. Yogyakarta: Program Studi Gizi Kesehatan Fakultas Kedokteran Universitas Gadjah Mada; 2014.
 22. Nashriyah SF, Helmyati S, Setiyobroto I. Fortifikasi Besi pada Susu Asam Sinbiotik dengan Probiotik Lokal L. Plantarum Dad.13 ditinjau dari Kadar Besi dan Sifat Fisik [Skripsi]. Yogyakarta: Program Studi Gizi Kesehatan Fakultas Kedokteran Universitas Gadjah Mada; 2013.
-